

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-173278

(43)Date of publication of application : 04.07.1990

(51)Int.Cl.

G23F 4/00  
 G03F 1/00  
 G03F 1/08  
 H01L 21/027  
 H01L 21/3205

(21)Application number : 63-325768

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 26.12.1988

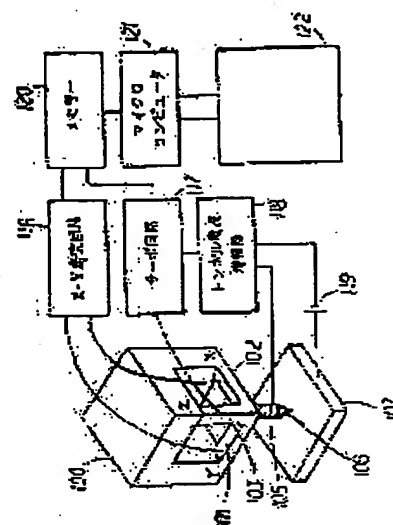
(72)Inventor : YAMAGUCHI HIROSHI  
 SAITOU HIROYA  
 MIYAUCHI TAKEOKI

## (54) METHOD AND DEVICE FOR FINE PROCESSING

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To produce a superhigh-integration-density device and a high-speed and high-performance device by adopting an ultrafine processing system using a scanning tunnel microscope system at the time of forming a pattern film of extremely fine structure and processing the pattern.

**CONSTITUTION:** A sample 107 and a needle 108 with the tip sharpened to  $\leq$ several microns are opposed at a distance of  $\geq$  several microns from each other, an X-Y scanning circuit 116 and a Z-driving and servo circuit 117 are operated by the three-dimensional actuator 100 of a tunnel unit based on the command from a microcomputer 121 to drive the piezoelectric actuators 101-103 in the X, Y and Z directions, and a needle part 105 fixed to the actuators is budged in the X, Y and Z directions. In this case, a voltage is applied between the sample 107 and the needle 108, the intervening space is filled with a gaseous atmosphere, and a tunnel current of a field emission current is applied to convert the molecule and atom of the gas to the radical or ion by electron collision or to excite the molecule and atom. Consequently, the sample 107 is sputtered or chemically etched or a film is formed by CVD in the orders of one to several atoms and molecules, and the sample is extremely finely processed in an atom unit.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

Searching PAJ

2/2 ページ

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-173278

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)7月4日

C 23 F 4/00  
G 03 F 1/00  
1/08  
H 01 L 21/027  
21/3205

A 7179-4K  
Y 7428-2H  
A 7428-2H

6810-5F H 01 L 21/88 Z  
7376-5F 21/30 3 0 1 W

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全13頁)

⑮ 発明の名称 微細加工方法及びその装置

⑯ 特 願 昭63-325768

⑰ 出 願 昭63(1988)12月26日

⑱ 発 明 者 山 口 博 司 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑲ 発 明 者 齊 藤 啓 谷 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

⑳ 発 明 者 宮 内 建 興 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

微細加工方法及びその装置

2. 特許請求の範囲

1. 試料と先端を数ミクロン以下に尖らせたニードルとを数μm以上の間隙をもつて対向させ、この間に電圧を印加して上記試料とニードルとの間にトンネル電流又は電界放射電流を流して原子又は分子1個乃至数個のオーダーで加工することを特徴とする微細加工方法。

2. 上記試料に負の電圧を印加し、上記ニードルに正又は負の電圧を印加し、これら試料とニードルとの間をガス雰囲気にし、このガスの電子・分子を電子衝突によりラジカル化、又はイオン化、又は励起を行い、試料に対してスパッタ加工、又は化学エッチング、又はCVD成膜を行うことを特徴とする請求項1記載の微細加工方法。

3. 上記トンネル電流又は電界放射電流を磁界レンズにより集束させて試料上に作用させるこ

とを特徴とする請求項1又は2記載の微細加工方法。

4. 試料と先端を数ミクロン以下に尖らせたニードルとを数μm以上の間隙をもつて対向配設し、上記試料とニードルとの間にトンネル電流又は電界放射電流を流して原子または分子1個乃至数個のオーダーで加工を行う加工手段を備えたことを特徴とする微細加工装置。

5. 上記加工手段として上記試料に負の電圧を印加し、上記ニードルに正または負の電圧を印加するように構成し、これら試料とニードルとの間をガス雰囲気にしてこのガスの電子・分子を電子衝突によりラジカル化、またはイオン化、または励起を行い、試料に対してスパッタ加工、または化学エッチング、またはCVD成膜を行うように構成したことを特徴とする請求項1記載の微細加工装置。

6. 更に上記トンネル電流または電界放射電流を試料上に集束させる磁界レンズを備えたことを特徴とする請求項4または5記載の微細加工

装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (産業上の利用分野)

本発明は、LSI等の極微細なパターン、分子デバイス、バイオ素子等の各種造のパターンの製作、修正等、極微細構造のパターンの成膜、加工などの原子・分子単位の構造の付与を行う微細加工方法及びその装置に関する。

#### (従来の技術)

半導体集積回路のパターンは年々微細化しつつあり、これに対するリソグラフィ用マスクの描画技術、欠陥の修正技術、またこれにより形成された集積回路パターンの修正技術もますます微細化していく傾向にある。

このようなリソグラフィ用のマスクの欠陥修正や、素子内部の配線切断、上下配線の形成、窓あけ、ジャンパ線の形成に関しては、特開昭58-56332号公報、特開昭59-168652号公報、特開昭62-229956号公報等により示されているように、集束したイオンビームにより除去、

切断、穴あけなどの加工を行い、またイオンビーム誘起またはレーザー誘起CVDを用いて、接続や取出し電極形成のための穴埋めやジャンパ線の形成を行う方法が知られている。

#### (発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記従来技術においては、無機材料多層薄膜等の0.2  $\mu\text{m}$ 以下の極微細パターンの欠陥修正、切断、穴あけや、有機高分子、生体高分子等を用いたデバイスにおいて原子、分子あるいは原子団、分子団単位の加工、移動、付着形成などを行うことができる手法が存在しなかった。

本発明の目的は、0.2  $\mu\text{m}$ 以下の極微細パターンの修正や、有機高分子、生体高分子等を用いたデバイスの原子、分子あるいは原子団、分子団単位の操作技術を可能とし、もつて従来技術にない超高集積密度のデバイスや高速、高機能のデバイス、生体との情報結合を可能としたデバイス等を実現できるようにした微細加工方法を提供することにある。

#### (課題を解決するための手段)

0.3  $\mu\text{m}$ の回路パターンに対しては0.07  $\mu\text{m}$ 以上の欠陥を修正する必要があり、0.1  $\mu\text{m}$ の回路パターンに対しては0.02  $\mu\text{m}$ 以上の欠陥を修正する必要がある。一方ULSIにおいても、設計ミスやプロセスミス等により動作不良が生じ、配線を切断したり、接続したりする修正技術が必要である。

上記従来技術では、液体金属イオン源からのイオンビームを用いた場合、イオン源の有効径が20～30 nmと大きいこと、エネルギーが数10 eVと大きいことのために、最小スポット径は、多段レンズを用いて高倍率の集束を行つても50 nm程度に限界であつた。一方H<sub>2</sub>ガスやArガスを液体He温度程度の極低温に冷却したニードルの先端において電界電離によりイオン化して、イオンビームを引出すイオン源を用いる場合は、イオン源の有効径がニードル先端の原子1～数個と小さいこと及びエネルギーが1～数 eVと小さいことのため、理論的には最小10 nm程度まで集束しようと予測される。しかしながらニードルの

上記目的は、走査トンネル顕微鏡の方式を用いた超微細加工方法及びその装置によつて達成できる。即ち、先端を鋭く尖らせたニードルを試料表面に約1 nm以下の距離に近づけて、試料とニードルとの間に電圧を加えると、この間にトンネル電流が流れる。また、3 nm以上の距離では電界放射電流が流れる。この場合、トンネル電流はニードル先端と試料表面の原子の間を流れ、また電界放射電流も距離が極めて短いため、試料表面上では数nmにしか拡がらない。よつてこの電流を用いた各種プロセスにより極微細の加工あるいは改変、成膜、原子あるいは分子単位の除去、付加操作を行うことができる。

#### (作用)

半導体集積回路の高集積化に伴ない、また分子エレクトロ素子、バイオエレクトロ素子等の開発に伴い、極微細化が進んできている。例えば、投影方式のイオンビームリソグラフィ、投影方式の電子ビームリソグラフィ等に用いられるマスクに対しては、極微細な欠陥が問題となり、例えば

製作に極めて高い技術を必要とすること、極低温を用い、且つ超真空において高電圧を要することなど極端条件を多く必要とするものであり、実用化のための多くの課題を解決していく必要がある。

また、分子エレクトロニクス素子、バイオエレクトロニクス素子等が研究されつつある。分子エレクトロニクス素子とは素子の微細化の一つの極限として分子をスイッチング素子として用いるものである。

またバイオ素子は生体関連分子から構成され、且つ機能を持つたオーダーの分子を組合せて、生体内のような分子を情報伝達媒体として用いるものである。

本発明によれば、このような極微細な加工を行うことができる。

#### 〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面に基いて具体的に説明する。即ち本発明の微細加工装置について第2図～第5図に基いて説明する。即ち本発明の微細加工装置は、原子一個一個を直接観察できる走

査トンネル顕微鏡（Scanning Tunneling Microscope : STM）を加工装置として改良したものである。特に第3図はトンネル電流が生じる現象を示す図である。123は電子雲を示す。金属の探針108を有するニードル部105と導電性物質107との間に電源119により電圧を印加し、1 nm 程度の距離に近付けると、トンネル電流が流れる。この電流は両者の距離の変化に関して極めて敏感であり、0.1 nm の距離の変化に対してトンネル電流が1 桁も変化する。ここで3つの圧電アクチュエータを備えた3次元圧電アクチュエータ100を用いて、トンネル電流増幅器118により検出されるトンネル電流を一定に保ちながら、X-Y走査回路116によつて、X、Y圧電アクチュエータ101、102を駆動して、針（ニードル）108が凸部分にくると、トンネル電流増幅器118から検出されるトンネル電流が増加し、サーボ回路117は元の電流になる迄圧電アクチュエータ103を駆動して針108を上げ、凹部分では逆に針108を下げる。この

また、原子スケールの微動位置制御は可能であり、例えば1 mm 口×10 mm 長さの圧電アクチュエータにより、1 V の印加電圧で1 nm 程度の微動が可能と成る。第4図にこのような方法で得られたSiの表面の原子スケールの構造を示す。凹凸に原子一つ一つを反映している。

また第5図にSi表面のSTM像の等高線表示を示す。

以上のように走査トンネル顕微鏡（STM）方式の微細加工装置は、原子単位の観察を可能とすると共にイオンビーム加工等の他の手段では実現しえなかつた微細成形、原子・分子単位の除去・付加或いは改変を行うことができる。

第1図にこの走査トンネル方式の微細加工装置の基本的な構成を示す。即ち、トンネルユニットの3次元アクチュエータ100は、マイクロコンピュータ121からの指令で、XY走査回路116及びZ駆動及びサーボ回路117を作動させ、その駆動信号でX、Y、Z方向の圧電アクチュエータ101、102、103を駆動して、これらに固

ようにサーボ回路117から、圧電アクチュエータ103に印加される針108の上下動が試料107の表面の凹凸に対応する。即ち、サーボ回路117からメモリ120に印加される信号は、試料107の表面の凹凸に対応する信号である。一方X-Y走査回路116からメモリ120には、圧電アクチュエータ101、102に印加されるX-Y駆動信号に対応するX-Y変位信号が印加される。この走査を繰返すと圧電アクチュエータ101、102、103に加えた電圧変化がメモリ120に記憶され、マイクロコンピュータ121がメモリ120に記憶されたデータを取り出して画像し、表示装置122に表示することによつて、物質の表面構造を原子スケールで観測することができる。

定されたニードル部105を、X、Y、Z方向に微動させるものである。ステージ106の粗動は、マイクロコンピュータ121からの指令と、レーザ測長器コントローラ110によりレーザ測長器109で測定されるステージ106の位置データとに基づいて、XYステージ制御装置115は、駆動機構123X、123Y、及びモータ124X、124Yを制御して行い。即ち、ステージ106の位置制御は、マイクロコンピュータ121からの指令（目標位置）が、レーザ測長器コントローラ110から得られるステージの精密な位置データになるようにXYステージ制御装置115により行われる。レーザ測長器コントローラ110は、レーザ測長器109及びミラー111、112、113、114、偏向プリズム110を用いてステージの精密な位置データを測定する。

更に、試料107とニードル108との間をガスマグネットにして、この間にトンネル電流ないしは電界放射電流を流し、このガスの原子・分子を電子衝突によりラジカル化、またはイオン化、また

は励起を行い、試料に対してスパッタ加工、または化学エッチング、またはCVD成膜を原子・分子の1個乃至数個の原子単位乃至分子単位のオーダーで行うことができる。

第6図は本発明に係る走査トンネル方式の微細加工装置の一実施例を示すものである。これは前記の圧電アクチュエータで構成されたアクチュエータ(X、Y、Z方向)100に取付けられたニードル部105の針(ニードル)108と試料107との間に流れるトンネル電流乃至電界放射電流がそのままでは1505aのごとく拡がり、試料の広い領域に照射されることを防ぐものである。即ちこの実施例では、走査トンネル方式の微細加工装置にトンネル電流や電界放射電流を集束したり、偏向したりする磁界または電界のレンズや偏向器を設けたことを特長としている。第6図はこのうち磁界によるレンズ、偏向器を付設した図である。618は磁極であり、106は試料台である。610は集束レンズの磁極であり、611はそのコイルであり、609はこれを駆動するコイ

ル電源Bである。また上部には磁極607、コイル電源A608によつて駆動されるコイル606が取付けられる。ところで607、608は集束レンズおよびその電源としてもよいし、また偏向器およびその電源としてもよい。集束レンズとした場合、磁極607、610、618とこれらに与えられる磁化の強さにより、トンネル電流や電界放射電流が集束され、605bのような集束ビームとなつて試料107に照射される。これにより試料のごく狭い領域、1nm以下から数原子乃至1原子、あるいはそれ以下の領域に電流を照射し、それを検出したり、また加工したりすることができる。

磁極607、610、618に与える磁界の強さをコイル電源608、609等により変化させることにより、上記の集束ビームの集束の既合いを変えることができ、照射域を変化させることができる。また、607、606を偏向器とした場合には、ビームの偏向をこれにより行い、アクチュエータ100を移動させるかわりに、ビームをわ

ずかに偏向させて高精度の位置決めや、高速の走査などができる。上記において磁極やコイル607、606、610、611、606、618はアクチュエータ100、ニードル部105とともに移動する構造とすれば、これらの光学系の軸を常に針(ニードル)の中心軸に一致させることができる。コイル電源A608、コイル電源B609は、コントローラ617(マイクロコンピュータ121と共通にしてもよいことは明らかである)により制御し、これらの相互の強度等をコントロールしたり、描画的機能をもたせたりすることができる。これらの場合において、電磁型の偏向器やレンズおよびその電源の代りに静電型の偏向器やレンズおよびその電源を設けても同様な目的を達成することができる。

第7図は本発明に係る走査トンネル方式の微細加工装置の別の実施例を示すものである。即ち走査トンネル方式の微細加工装置は、エアサーボウント等の除振台712上に設置された定盤711、該定盤711上に取付けられた真空容器711a、

該真空容器 711a に設置されている試料台 706、針 108 を有するニードル部 105 及び圧電アクチュエータ 100 を備えた走査トンネルユニット 701 (具体的には第 6 図に示す) 及び SEM (走査電子顕微鏡) 711、光学顕微鏡 702 を備えている。試料台 706 は、駆動部 707 により移動し、走査トンネルユニットの位置 708a、STM による観察の位置 706b、光学顕微鏡による観察の位置 706c 等をとることができる。トンネルユニット 701 (具体的には第 6 図及び第 1 図に示す) には、集束コイル、偏向コイル 606, 607, 610, 611 がとりつけられており、トンネル電流や電界放射電流のビームの集束や偏向を行うことができる。

この場合、レーザ測長器 710、偏光プリズム 709、窓 708、及び試料台 706 に取付けられたミラー 708a によりメータの位置を 0.1  $\mu\text{m}$  以下の高い精度で測定位置決めを行うことができる。

またトンネルユニット 701 の近辺には、ガス

ノズル 707 が取付けられており、ガスポンプ 722 から配管 721 を介し、開閉やガス流量調整のためのバルブ 720 を通つてガスがトンネルユニット 701 の針 (ニードル) 108 の近辺に吹きつけられる。

この場合、ガスの種類としては、種々のものが考えられるが、例えば金属有機化合物ガス、シランなどの重合体ガス、ハロゲンおよびその化合物などの反応性ガスなどが考えられ、これにより前述した加工のみならず、トンネル電流や電界放射電流の照射の際、後に述べるようなプロセスにより金属や  $\text{SiO}_2$  などの絶縁体の局所的な成膜や増速エッチングなどが可能となる。

本装置では、以下のプロセスにより試料、たとえば微細回路パターンを有する基板 107 の所望の箇所に局所加工を施したり、局所成膜を行ったり、局所増速エッチングを行ったりすることができる。

まず試料を、ローダチャンバ (図示省略) を介して真空容器 711a 内に入れ、真空排気系 713

により排気を行う。次に試料台を 706c の位置に移動し、窓 714 を介して光学顕微鏡 715 による直接の観察あるいはこれを通したカメラ 716 とディスプレイ 717 による観察により上記試料 107 の所望の箇所を検出する。次に試料台 706 を SEM 711 の位置 706b に移動し、上記光学顕微鏡 715 による粗い観察に基づいて、試料 107 から放出される 2 次電子を検出器 714 で検出し、それをディスプレイ 718 に表示することにより微細な観察と位置決めを行う。次に試料台 706 を 706a の位置へ移し、走査トンネルユニット 701 (具体的には第 6 図、及び第 1 図に示す) による顕微鏡観察により、更に微細な検出を行い、最終的に加工等を施すべき、原子、原子団あるいは分子に位置決めしてこれに除去、付着、または増速エッチングなどを施すことができる。この場合、検出分解能は、光学顕微鏡で  $\mu\text{m}$  オーダまで、SEM により、10 nm ~ 1 nm まで、そして第 1 図に示すように走査トンネル顕微鏡の XY 走査回路 116 及び Z 駆動及びサーボ回路

117 により圧電アクチュエータ 101, 102 及び 103 を駆動し、トンネル電流または電界放出電流を電流アンプ 118 によつて検出し、それをマイクロコンピュータ 121 の処理によりディスプレイ 122 に表示することにより 0.1 ~ 0.01 nm と順次上げていくことができる。この場合、観察領域と分解能とが、光学顕微鏡と SEM、SEM と走査トンネル顕微鏡の間で重複しているため、上記手段を用いることにより光学顕微鏡の視野から原子オーダの位置決めまでを連続的行うことができる。

第 8 図(a)~(c)図に記載した実施例は、本発明により実施する原子、分子オーダのプロセスの詳細につき述べるものである。即ち第 8 図(a)はニードル部 105 の針 (ニードル) 108 を試料 107 の表面に接近させ、電源 119 により両者の間に電圧を印加し、トンネル電流あるいは電界放射電流 801 が流れるところを示すものである。第 8 図(b)は上記針の先端 802 及び試料の原子 803 の様子を示したものである。即ち針の先

端802の原子802aより試料原子804aとの間のトンネル電流が放出され、電子806が流れる。これにより生じるエネルギーにより804a乃至その近傍の原子804b, 804cなどが除去され、第8図(c)に示すような原子または分子レベルの穴805が形成される。

第9図(a)は試料107として導電性材料の基板901の上に絶縁性の材料902を形成したもののについて加工する場合を示したものである。即ち、この場合も十分に薄い絶縁膜であれば、針108と導電性基板901との間に印加される電圧により分極効果により絶縁材料902の表面が分極し、これにより第9図(b)と同様にトンネル電流乃至は電界放射電流が流れて試料107の絶縁材料902を加工することができる。第9図(b)は、この分極効果を高めるために、針108の周りに分極用電極板903を取付たものであり、電源904により針108とは独立に分極用電極板903に電圧を印加し、絶縁材料902を予め分極させた状態にしておき、ここで針108

Zn, Ni, Zr等を示す。またm, nは整数、Xはハロゲン元素、即ちF, Cl, Br等を示す)を用いれば、これらの物質は、針108と試料107との間の空間或いは試料表面において、トンネル電流あるいは電界放射電流を受けてこのエネルギーにより分解し、分離した金属原子が第10図(b)に示すように試料803の表面の1002の位置に付着する。また、この際、第10図(c)に示すようにトンネルユニット701の圧電アクチュエータ100の操作により針108の先802を試料107の表面803上で1004の方向に移動させることにより試料表面803上に付着原子の列1003を得ることができる。第10図(d)には、針108の先802を試料107に対して1004方向に走査させ、その後1005の方向に一原子分移動させ、更に1004方向に移動させ、この過程を繰り返すことにより領域1006上に多くの原子を付着させることを示す。

尚、上記は金属原子の付着の例であり、TEOS (tetra-ethyl-ortho-silicate) のよう

に電源119により電圧を印加することによりトンネル電流ないしは電界放射電流を流し易くしたものである。

第10図は第7図に示したようにニードル部105の針108の先端付近にノズル707からガスを吹き付ける場合を示した実施例である。即ち、針108及び試料107の針に対向する部分の近傍にガスノズル707によりガス1001が吹き付けられ、この状態で電源119により電圧が印加され、トンネル電流ないしは電界放射電流がものである。この場合、ガスとして、CVD (chemical vapor deposition) 用の金属化合物、例えば金属有機化合物、即ち $Al(CH_3)_3$ ,  $Al(C_2H_5)_3$ ,  $Al(C_4H_9)_3$ ,  $Cd(CH_3)_2$ ,  $Cd(C_2H_5)_2$ 等の金属アルキル化合物、 $M(CnH_{2n+1})_m$ ,  $Mo(CO)_6$ 等の金属カルボニル化合物、 $M(CO)_n$ ,  $TaO(C_2H_5)_2$ 等の金属アルコキシド化合物、 $M(OCnH_{2n+1})_m$ 及び金属ハロゲン化合物、即ち $WF_6$ ,  $WCl_6$ 等 $MX_n$  (以上においてMは金属元素、例えばW, Mo, Ta, Al, Cd,

な非金属化合物のガスを用いることにより $SiO_2$ などの絶縁物を付着させることも可能である。

第11図(a)はフッ素、塩素、 $CCl_4$ ,  $CF_4$ 等のハロゲン及びハロゲン化合物のガスなど反応性ガスをノズル707から吹き付ける場合であり、これらの分子1101, 1102が針108の先802と試料107の表面803との間で流れるトンネル電流や電界放射電流によつて分解あるいは活性化され、試料原子と結合して揮発性の原子1103, 1104を作り、揮発して第11図(b)の1105が形成され、高速度の除去を行うことができる。

第12図はこの定常トンネル微細加工装置により局所的なアニールを行う例である。即ち第12図(a)において、試料107として半導体などの基板1201には不純物1202がイオン打込み法により打ち込まれている。ここでアニールしない状態では、格子欠陥の存在、内部歪の残留等のため、電気的に活性化されていない。そこで定常トンネル微細加工装置を用いて針108と試料



107との間に電線119により電圧を印加してトンネル電流あるいは電界放射電流を局所的に照射し、そのエネルギーにより第12図(c)に示すように、1203のような数原子分の領域のみにアニールを行い、不純物1202a-1202cに対して活性化することができる。即ち全面に不純物1202a-1202cを打込んだ材料から放原子程度の領域を局所的にアニールしてその電気的特性を変化させることにより、もつて原子、原子団、分子程度の極微細の回路等を形成することができる。

第13図は別の実施例を示す。この発明においては、第13図(a)に示すように、第12図とは逆に電流119の極性を逆にして、針108に正、試料107に負の電圧を印加する。この場合、第13図(b)に示すように針108の先802の原子からではなく、試料107の針に近い表面803からの電子1301が針の先802の方へ流れる。この場合ガスノズル707により針108の先802と試料107の表面との間の付近にガ

ス1001を吹き付けるとガス原子1302a, 1302b等は流れる電子の作用によりイオン化する。こうして生成したイオン1303は第13図(c)に示すように負電圧が印加されている試料107の表面803へと流れ、第13図(d)に示すように試料表面803上にイオンが1304のように付着する。ここで第13図(e)に示すように圧電素子等のアクチュエータ100により針108と試料107を相対的に移動させ、針の先802を試料の表面上で1004及び1005の方向に2次元的に走査すれば、試料107の表面803上に広いガス原子の付着領域1305が形成される。また、これを繰り返すことにより第13図(f)に示すように原子を多層に積層させて1306のように付着させることができる。

また、第14図(a)に示すようにガスノズルを707, 707aと複数個設け、2種以上のガスを各々のノズルから交互に流すことにより、第14図(b)に示すように第1のノズル707から出る原子による層1306と第2のノズル707a

から出る原子による層1307と種類の異なる原子の層を多層に積層することができる。

第15図はこれらの変形実施例であり、第15図(b), (c)に示すように試料107の表面803から放出される電子1301がガス原子1302をイオン化し、このイオン1303が試料表面803に付着する。このとき、第15図(d)に示すようにガス原子のイオン1501と試料原子1502が結合し、高蒸気圧の化合物1503を形成するような組合せを用いると、第15図(e)に示すようにこの化合物1503は蒸気化し、試料の表面803から原子1504が除去されて、欠陥部(加工穴)1505が形成される。

第16図は第13図(a)、第15図(a)に示す装置構成において、ノズルから放出されるガス原子として重い元素1601を用いるものであり、このとき試料の表面803から飛び出す電子1301の作用でこの原子がイオン化された重イオン1602が負電圧を印加されている試料表面

に向かつて進み、これが衝突してスパッタ作用により試料原子1603a, 1603b, 1603c……を飛び出させて除去するものである。

第17図(a)は極性を切換えられるスイッチを有する電源1701を備えた装置により試料107に対し、原子単位の移動操作を行う手段を示している。即ち今、電源1701のスイッチをA, Bの状態でしておき、針(ニードル)108に負、試料107に正の電圧を印加すれば、第17図(b)の如く針の先より試料表面へ電子が流れる。このとき、この作用により試料表面の原子804がイオン化して正イオン807となり、第17図(d)のようにニードルの先802の方へ移動し、第17図(e)のようにニードルの先802へ808のように付着する。次に圧電素子のアクチュエータ100の操作により試料107とニードル108を相対的に移動させて試料の別の場所にニードルの先802をもつてくる。ここで電源1701のスイッチをA, B'側の状態にすれば、極性が逆となり、第17図(f)のよう

に原子807は再び正イオン化され、ニードルの先802を離れて試料の表面803へ移動し、第17図(g)のように試料の表面803上に809として付着する。ここで予め除去すべき原子の位置から付着すべき原子の位置までのX方向、Y方向の移動距離を走査トンネル顕微鏡で観察しておけば、原子を除去した後、それに応じて圧電素子でX、Y方向に移動させて所定の原子位置に除去した原子を付着させることができ、原子単位での操作が可能となる。

以上説明した技術をULSIや極微細なLSIを製造するためのリソグラフィ用マスク等の回路修正、回路変更に適用することができる。

また、分子デバイス、バイオデバイスにおいては、基本的に原子や分子の結合や組合せによつて素子が形成されており、その結合を切断したり、変更したりする技術は、素子の特性不良の修正や解析上重要である。即ちこれら分子デバイス、バイオデバイスにおいては、原子、分子単位の除去や接合が極めて重要となる。しかし、上記のよう

に説明した原子単位、分子単位で物質を加工したり、付加したりする技術を適用することにより上記課題を解決することができる。

#### (発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば、例えば無機材料薄膜0.2  $\mu\text{m}$ 以下の回路パターンの修正、変更等を行うことができると共に分子デバイスにおいて原子単位の加工、付着等を行い、素子を製造することができる効果を奏する。

#### 4. 図面の簡単な説明

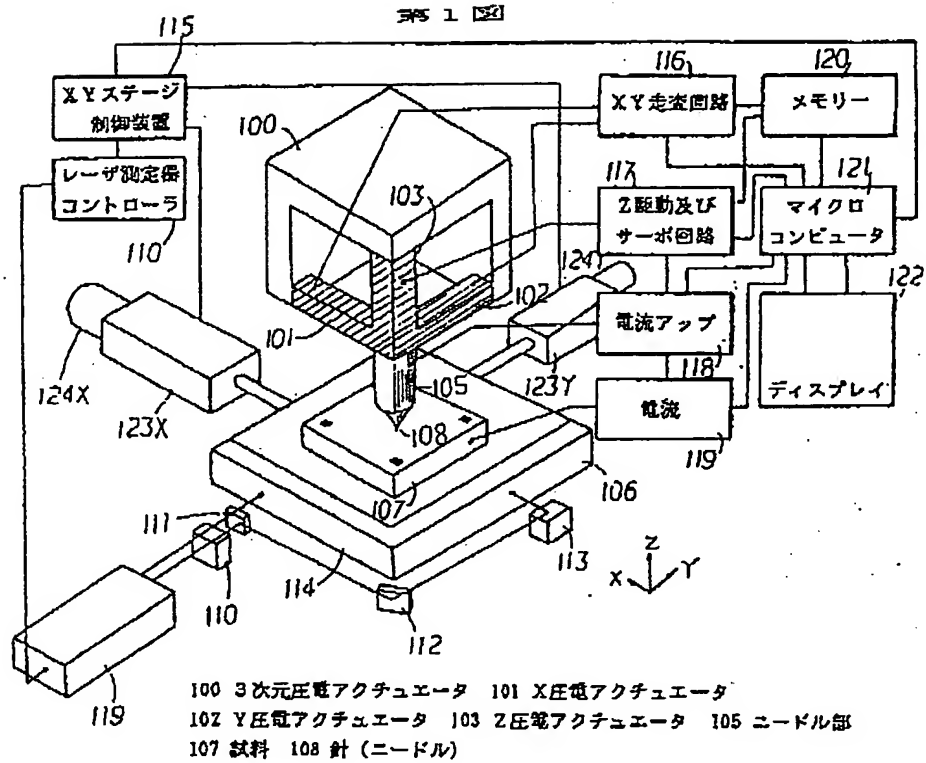
第1図は本発明に係わる走査トンネル微細加工装置の一実施例を示す斜視概略構成図、第2図は本発明に係わる走査トンネル顕微鏡を示す斜視概略構成図、第3図は第2図において針と試料表面との間の状況を示す図、第4図及び第5図は第2図に示す走査トンネル顕微鏡によつて観察される試料表面を原子オーグで示す図、第6図は本発明に係わる走査トンネル微細加工装置の第1図とは異なる他の実施例を示す正面部分断面図、第7図は本発明に係わる走査トンネル微細加工装置にお

いて段階的に位置し、成膜を行う装置の実施例を示す正面部分断面図、第8図乃至第17図は各々上記第1図、第2図、第6図及び第7図に示す装置によつて原子単位、分子単位の加工、成膜、アニール等を行うプロセスを説明するための図である。

- 100...3次元圧電アクチュエータ、
- 101...X圧電アクチュエータ、
- 102...Y圧電アクチュエータ、
- 103...Z圧電アクチュエータ、
- 105...ニードル部、106...ステージ、
- 107...試料、108...針(ニードル)、
- 109...レーザー測長器、
- 110...レーザー測長器コントローラ、
- 116...XY走査回路、
- 117...Z駆動及びサーボ回路、
- 118...電流アンプ、119...電源、
- 120...メモリ、121...マイクロコンピュータ、
- 122...ディスプレイ、606...コイル、
- 607...磁極、608...コイル電源A、

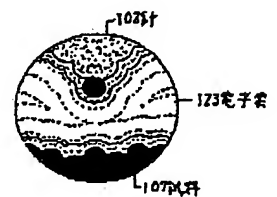
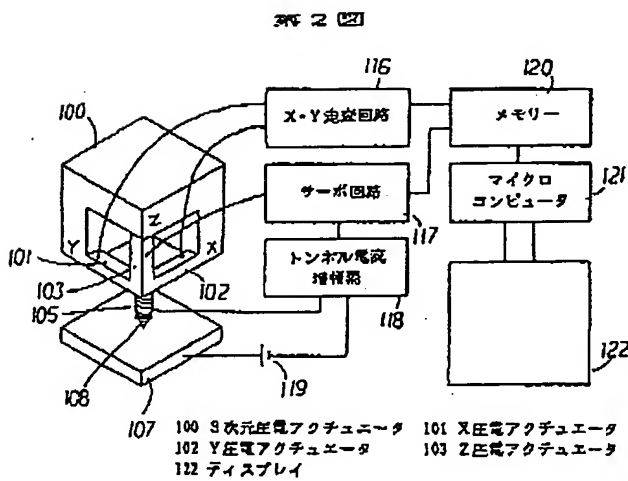
- 609...コイル電源B、
- 610...集束レンズの磁極、
- 611...集束レンズのコイル、
- 618...磁極。

代理人 弁理士 小 川 勝 男



図面の浄書(内容に変更なし)

第 3 図

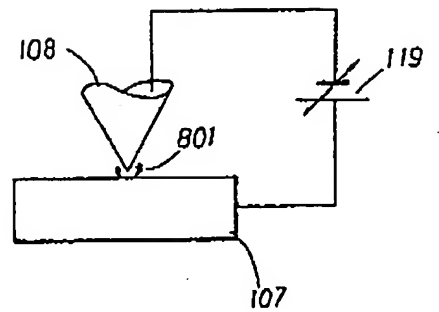


第 5 図

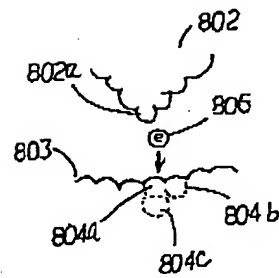


第3図

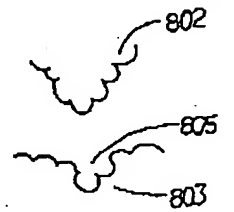
(a)



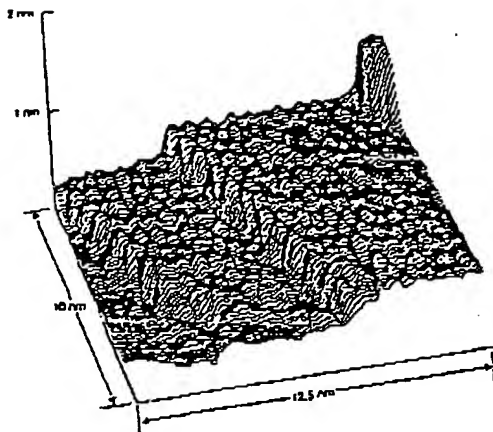
(b)



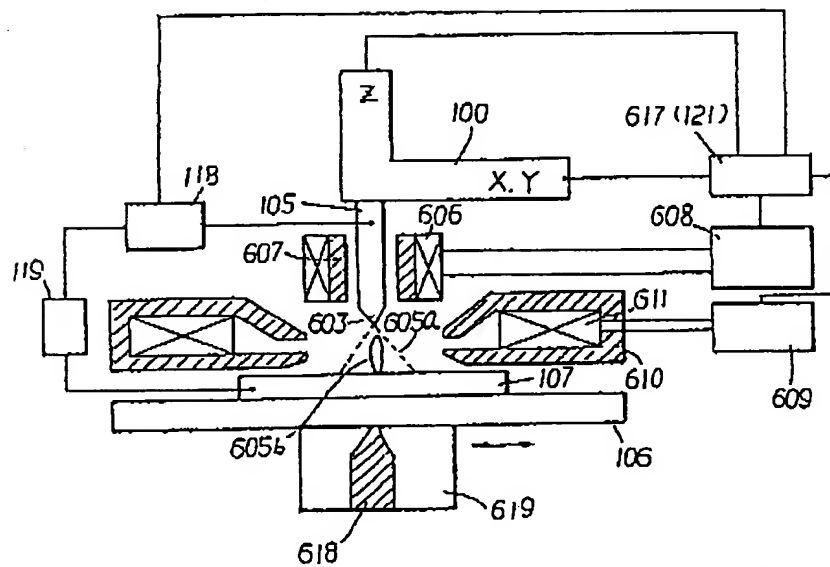
(c)



第4図

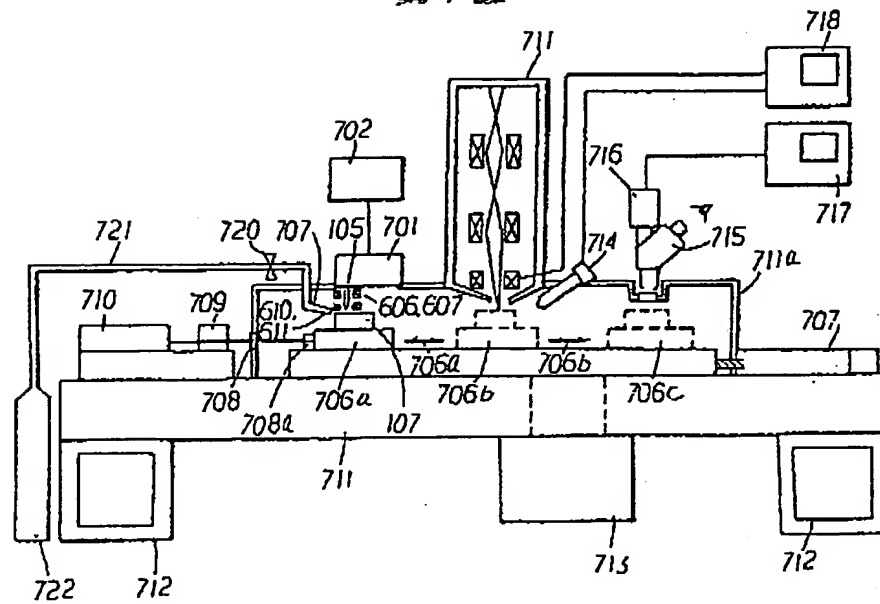


第6図



100 3次元圧電アクチュエータ 105 ニードル部 106 ステージ 107 試料  
118 電流アンプ 119 レーザ調定器 605a

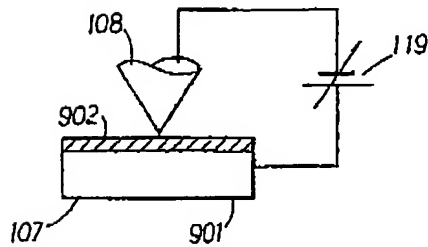
図 7



701 走査トンネルユニット 702 光学顕微鏡 711 SEM  
715 光学顕微鏡 716 カメラ 717, 718 ディスプレイ

図 9

(a)



(b)

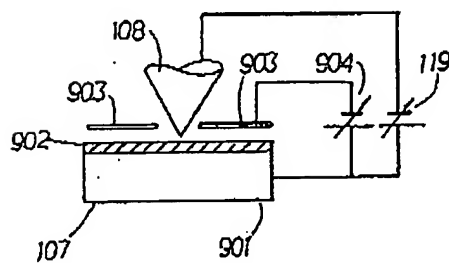
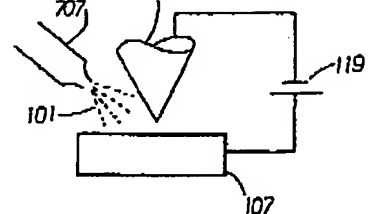
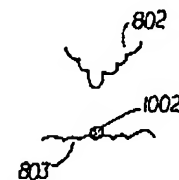


図 10

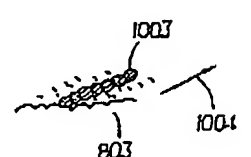
(a)



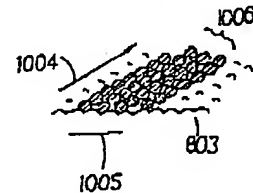
(b)



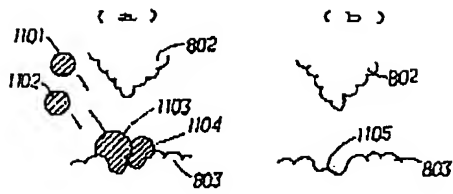
(c)



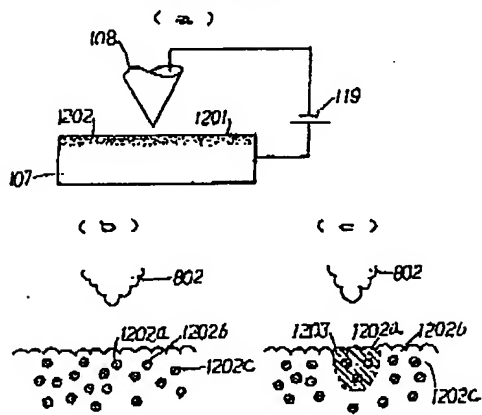
(d)



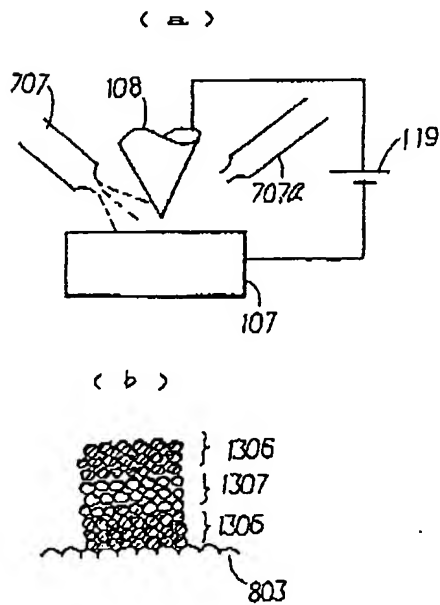
第 1 1 図



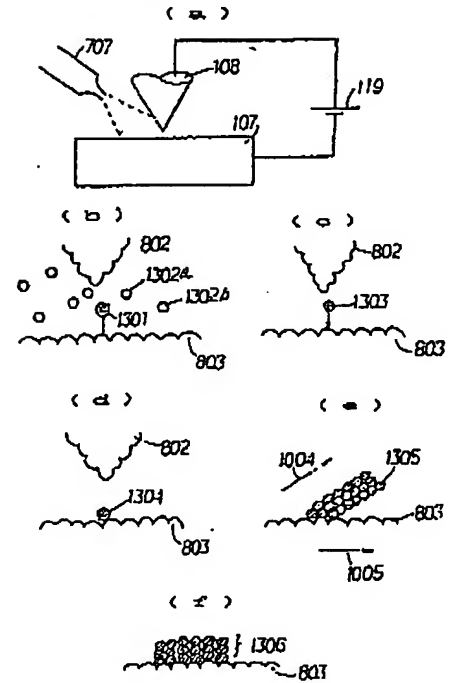
第 1 2 図



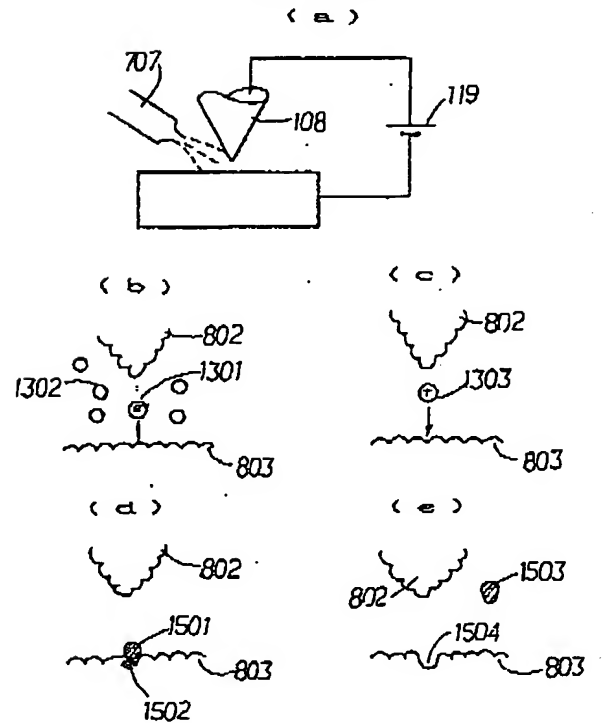
第 1 4 図



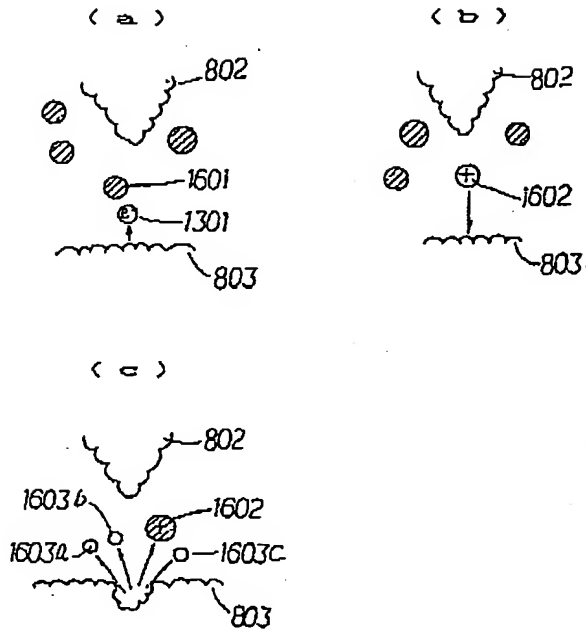
第 1 3 図



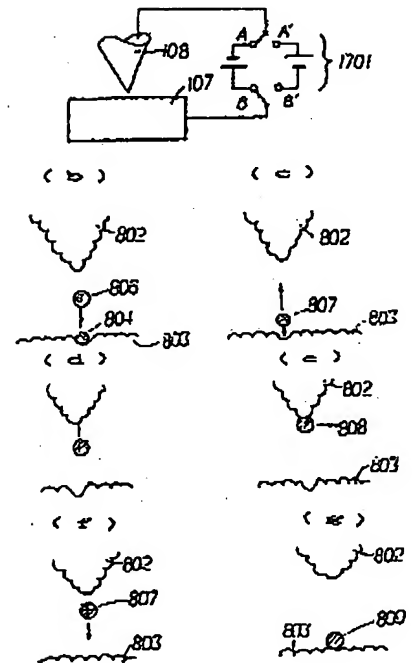
第 1 5 図



第 1 6 図



第 1 7 図  
(a)



手 続 補 正 書 (方式)

平成 1 年 4 月 17 日

特許庁長官殿  
事件の表示

昭和 65 年 特許願第 325768 号

発 明 の 名 称 微細加工方法及びその装置

補 正 を す る 者

特許出願人

日 立 製 作 所

代 理 人

〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号  
株式会社日立製作所内 電話 東京 512-1111 (代表)  
代 表 人 小 川 勝 男

補正命令の日付 平成 1 年 3 月 28 日 (発送日)

補 正 の 対 象 図面の第 3 図及び第 5 図

補 正 の 内 容

(1) 図面の第 3 図及び第 5 図の淨書・別紙のとおり

(内容に変更なし)



以 上

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-293481

(43)Date of publication of application : 26.10.1999

(51)Int.Cl.

C23F 4/00  
H01L 21/3065

(21)Application number : 10-102836

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 14.04.1998

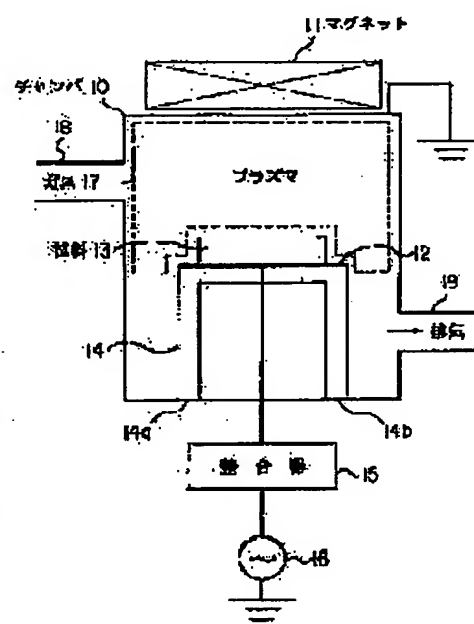
(72)Inventor : TONOYA JUNICHI

## (54) THIN FILM TREATING METHOD AND DEVICE THEREFOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To etch an aluminum oxide film with a large selection ratio to a base substrate by incorporating  $\text{BCl}_3$  and at least one kind of gas containing a saturated or unsaturated hydrocarbon bond in an etching gas.

**SOLUTION:** The gas containing the saturated or unsaturated hydrocarbon bond is  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  or  $\text{CHCl}_3$ . A sample 13 is placed on a substrate electrode part 12. An Al thin film is film formed on the glass substrate of the sample 13 and an aluminum oxide film ( $\text{AlOx}$ ) is formed thereon and a photoresist film is patterned. The gas 17 for etching is supplied and excited by RF electric power. When plasma is generated, the sample 13 is etched with an assist of ion accelerated by ion sheath in the vicinity of the surface of the sample and after that, a photoresist is removed. A pair of electrodes are installed in the vicinity of the inside wall of the chamber and the thickness of the sticking and deposited film is monitored to make the executing timing to clean the inside wall proper.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]